

بررسی اثر الگوهای مختلف سخت کننده ها در رفتار دیوار برشی فولادی

ارژنگ صادقی

گروه عمران دانشکده فنی، دانشگاه آزاد واحد خوی

a.sadeghi@azaruniv.edu

رضا باقرملکی

کارشناس ارشد سازه، دانشگاه آزاد اسلامی مراغه

(تاریخ دریافت مقاله: تاریخ پذیرش مقاله)

چکیده

دیوارهای برشی فولادی در چند دهه اخیر به عنوان یک سیستم مقاوم جانبی مطرح و تحقیقات متعددی در مورد رفتار استاتیکی و دینامیکی این دیوارها انجام گرفته است. در این تحقیق به بررسی بهینه سازی دیوار برشی فولادی پرداخته شده است. منظور از بهینه سازی افزایش نسبت ظرفیت باربری جانبی دیوار به وزن آن می باشد.

برای انجام تحقیق سه گروه دیوار برشی با نسبتهای طول به ارتفاع $۳/۵$ ، $۴/۴$ و $۵/۳$ در نظر گرفته شده اند. در هر گروه، یک دیوار بدون تقویت و ۵ دیوار با تقویت در نظر گرفته شده است. آرایش تقویت در دیوارها با هم متفاوت می باشد. آنالیز غیر خطی استاتیکی بر روی کلیه مدل ها انجام و در نتیجه مشاهده گردید که مدل های بدون سخت کننده دارای نسبت بهینه باربری به وزن می باشند. سپس انواع مدل های با سخت کننده بررسی و از بین آنها مدل بهینه انتخاب گردیده است. در ادامه مدل بهینه با سخت کننده های با ابعاد مختلف و ضخامت های مختلف ورق فولادی مورد بررسی قرار گرفته و روند تغییرات نیرو و فولاد مصرفی در آنها مقایسه گردیده است. در کلیه تحلیل های این تحقیق، از نرم افزار ANSYS بهره گیری شده است.

کلمات کلیدی: دیوار برشی فولادی، تحلیل غیر خطی، نسبت بهینه باربری

۱- مقدمه

بررسی بر روی دیوارهای برشی فولادی با دودیدگاه عمده انجام می گیرد. در دیدگاه اول، محققین و مهندسين از کمانش ورق دیوار جلوگیری نموده و آنرا ضخیم و یا با ورق تقویت می نمایند. در دیدگاه دوم، ورق دیوار نازک در نظر گرفته شده و به آن اجازه کمانش داده می شود تا از خاصیت پس کمانش و مزایای میدان کششی تشکیل شده در ورق استفاده بعمل آید.

دیدگاه اول که تا اواخر دهه ۱۹۷۰ بیشتر رایج بود، منجر به ساخت آسمانخراش های متعددی در ژاپن (مثل ساختمان ۲۰ طبقه اداری شرکت نیپون استیل در توکیو به سال ۱۹۷۰، ساختمان ۵۳ طبقه در توکیو به سال ۱۹۷۸، ساختمان اداری ۳۵ طبقه در توکیو به سال ۱۹۸۸، ساختمان ۳۱ طبقه در توکیو به سال ۱۹۹۸ و آمریکا (مثل ساختمان ۶ طبقه بیمارستان در

گرچه استفاده از دیوار برشی بنائی و بتنی به عنوان سیستم مقاوم جانبی، سابقه ای تاریخی و طولانی دارد ولی دیوار برشی فولادی به عنوان یک سیستم مناسب برای باربری جانبی در سازه ها در سه دهه آخر قرن بیستم مطرح و مطالعات متعددی بر روی آن انجام گرفته است. تحقیقات انجام گرفته، کارآئی و کارآمدی دیوار برشی فولادی را نشان داده است. به طوریکه از این سیستم علاوه بر بهسازی لرزه ای ساختمانهای متعدد، در ساختمان های جدید نیز استفاده بعمل آمده است.

یک دیوار برشی را می توان بصورت یک تیر ورق عمودی ایده آل سازی کرد، بطوریکه ورقهای فولادی شبیه به جان، ستون ها همانند بالها و تیرهای طبقات به عنوان سخت کننده های عرضی عمل کنند [۱].

Berkeley، توسط آستانه اصل و همکاریانش بر روی دیوار برشی انجام می‌گیرد یکی دیوارهای برشی مختلط می‌باشد. و دیگری انجام تست‌های چرخه‌ای بر روی دیوار برشی فولادی می‌باشد [۱].

۲- معرفی مدل‌ها

برای بررسی نحوه بهینه‌سازی دیوار برشی فولادی، سه گروه دیوار برشی با نسبت ارتفاع به طول (b/d)، ۳/۵، ۴/۴ و ۵/۳ انتخاب گردید. در هر یک از این گروه یک دیوار برشی بدون تقویت و ۵ دیوار برشی با تقویت وجود دارد. پس از تحلیل اولیه این دیوارها، دیوار برشی بهینه برای هر گروه انتخاب شده و دیوار تقویت شده بهینه با ضخامت‌های مختلف مورد بررسی مجدد قرار گرفتند.

معیار بهینه بودن در این تحقیق، داشتن نسبت تاب باربری جانبی به وزن دیوار می‌باشد. تصور شده است که دیواری که بتواند با وزن مساوی، بار جانبی بیشتری را تحمل نماید بهینه خواهد بود. با استفاده از نرم افزار ANSYS، دیوارها تحت بار متمرکز افقی در بالای دیوار، به صورت استاتیکی غیر خطی تحلیل گردیدند. کلیه دیوارها در درون یک قاب خمشی قرار دارند و در حقیقت سیستم مقاوم جانبی دو گانه می‌باشد. اتصال دیوار برشی به قاب پیرامونی به صورت ساده در نظر گرفته شده است. از المان پوسته ای برای شبکه بندی المان‌های محدود سازه و دیوار برشی استفاده گردید. در ادامه مدل‌های تحلیل شده معرفی گردیده اند.

۲-۱- مدل‌های دیوار برشی فولادی تقویت نشده

جدول ۱ دیوارهای برشی فولادی بدون تقویت را نشان می‌دهد. در این پانل‌ها کلیه اتصالات تیر به ستون و پای ستون گیردار بوده و تیر در جهت Z (عمود بر صفحه دیوار برشی فولادی) مقید شده است. بار جانبی به تیر وارد می‌شود. ابتدا دیوار برشی فولادی بدون تقویت در سه مدل مختلف از نظر ابعادی مورد بررسی قرار گرفته و حداکثر نیرویی که دیوار برشی می‌تواند تحمل کند بدست آمده است. در مدل A₁ دهنه یا طول پانل ۵ متر و ارتفاع پانل ۳ متر (d=3 m و b=5 m) و ضخامت ورق فولادی ۷ میلی‌متر می‌باشد. در مدل A₂ طول پانل ۴ متر و ارتفاع پانل ۴ متر (d=4 m و b=4 m) و ضخامت ورق ۸ میلی‌متر می‌باشد. و در مدل A₃ طول پانل ۳ متر و ارتفاع پانل ۵ متر (d=5 m و b=3 m) و ضخامت ورق ۸ میلی‌متر می‌باشد.

لس آنجلس کالیفرنیا به سال ۱۹۷۸) گردیده است. دیدگاه دوم نیز که در حال حاضر طرفداران بیشتری دارد در ساخت چند ساختمان در آمریکا (مثل ساختمان هتل ۳۰ طبقه در دالاس تگزاس به سال ۱۹۸۸ و ساختمان ۵۲ طبقه مسکونی در سانفرانسیسکو کالیفرنیا به سال ۲۰۰۱) منظور شده است.

علاوه بر دو دیدگاه فوق، در چند ساختمان در ژاپن از نوعی دیوار برشی استفاده شده که دارای میراگر ویسکوز می‌باشد. این سیستم در چند ساختمان در مجموعه Media City Shimuoka به سال ۱۹۹۶ بکار گرفته شده است.

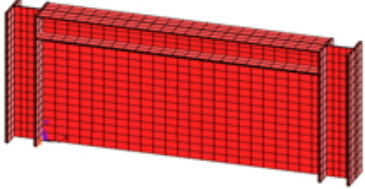
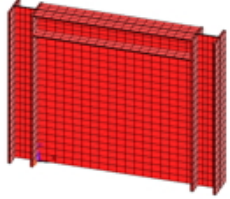
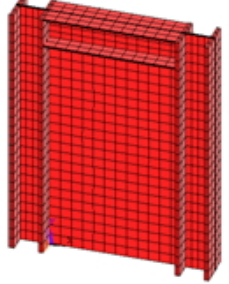
دیدگاه اول که سهم عمده آن متعلق به ژاپنی‌هاست، بر اساس آزمایشات متعددی است که در اوائل دهه ۱۹۷۰ در کشور ژاپن انجام شد. در این دیدگاه، دیوارهای برشی طوری طراحی می‌شوند که دیوار برشی پیش از رسیدن مصالح به تنش تسلیم، کمانش نکند. هم‌منطور، سخت‌کننده‌ها طوری در نظر گرفته می‌شوند که دیوار در بین پانل‌های محصور در سخت‌کننده‌ها کمانش نموده و از کمانش همزمان دیوار و سخت‌کننده نیز جلوگیری می‌شود [۳].

دیدگاه دوم یعنی بهره‌گیری از خاصیت میدان کشش قطری که پس از کمانش ورق فولادی ایجاد می‌گردد، اساساً توسط واگنر در سال ۱۹۳۱ انجام گرفت [۲]. البته او آزمایش‌های خود را بر روی پانل‌های برشی نازک آلومینیومی انجام داد. ولی نتایج کار او به ورق‌های فولادی نیز بسط داده شد. پس از وی محققین بسیاری از جمله کوهن، باسلر، راک، پورتر و بر روی میدان کشش قطری تیر ورق مطالعه کردند.

استفاده از مطالعات انجام یافته بر روی تیر ورق‌ها در دیوار برشی در دهه ۸۰ میلادی در دانشگاه آلبرتا کانادا توسط کولاک و همکاران وی مطرح گردید. در دهه ۹۰ تحقیقات متعددی نیز توسط الغالی و همکاران، وتورا و برونو و همکاران وی انجام گرفت که همه موید رفتار مناسب و قابلیت‌های خوب دیوارهای برشی فولادی برای جذب انرژی زلزله و باد و حفظ سازه در مقابل آن‌ها می‌باشد [۵].

کولاک در دانشگاه آلبرتا یکی از اولین محققان در بررسی رفتار دیوار برشی فولادی با دقت بالا بود. نتایج کار گروه تحقیقاتی او سبب ایجاد یک روش ساده برای آنالیز یک دیوار برشی نازک تقویت نشده که مدل نواری نامیده می‌شود [۳]. سپس مطالعات توسط Kulak و تیم تحقیقاتی در سال ۱۹۸۵ ادامه یافت که شامل تست چرخه‌ای دیوار برشی فولادی بود [۴]. و در سالهای اخیر (۲۰۰۰ - ۲۰۰۴) دو پروژه تحقیقاتی در دانشگاه کالیفرنیا،

جدول ۱ - مدل های بدون تقویت دیوار برشی با نسبت ابعادی مختلف

	Group1	Group2	Group3
نام مدل	A ₁	A ₂	A ₃
نسبت ظاهری ارتفاع به طول	3/5	4/4	5/3
			

ابعاد 5*1 سانتیمتر و 7.5*1 سانتیمتر ایجاد و تحلیل گردیدند (جدول ۳).

۳- بهینه یابی الگوی سخت کننده دیوار برشی فولادی

ابتدا دیوار های برشی بدون سخت کننده مورد بررسی قرار گرفت و حداکثر نیرو، جابجایی و تنش ها محاسبه گردیدند. سپس به این دیوار ها سخت کننده اضافه شد (جدول ۲)، سخت کننده ها به هر دو طرف ورق فولادی اضافه شده اند. ضخامت ورق فولادی برای پانل $b > d$ برابر ۷ میلی متر و برای پانل های $b = d$ و $b < d$ برابر ۸ میلی متر می باشد. ابعاد سخت کننده ها در همه حالات فوق به ضخامت یک سانتی متر و به عرض ۱۰ سانتی متر می باشد.

نمودار بار-جابجایی برای گروه ۱ در شکل ۱-الف، برای گروه ۲ در شکل ۱-ب و برای گروه ۳ در شکل ۱-ج ارائه شده اند. همانگونه که اشکال مذکور نشان می دهند، در کلیه گروهها، افزودن سخت کننده با هر آرایشی موجب افزایش سطح باربری جانبی دیوار برشی می شود، لیکن مقدار افزایش بر حسب شکل تقویتی ها متفاوت است. اما نکته حائز اهمیت اینست که در کلیه موارد گروه ۱ و ۲، افزودن سخت کننده از ظرفیت جذب انرژی دیوار برشی کاسته و شکل پذیری آن را کاهش داده است. با این حال در گروه ۳، در سه مورد (مدل های C_3 ، D_3 و F_3) با افزایش شکل پذیری و در دو مورد (E_3 و B_3) نیز با کاهش شکل پذیری مواجه می باشیم مطالب فوق به صورت خلاصه در جداول ۴ و ۵ ارائه شده اند.

۲-۲- مدل های دیوار برشی فولادی تقویت شده







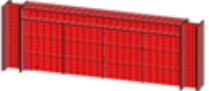








جدول ۲ دیوار های برشی فولادی با انواع آرایش ها سخت کننده ها را نشان می دهد. در این دیوارها نیز کلیه اتصالات تیرو ستون و پای ستون گیر دار بوده و تیر در جهت Z (عمود بر صفحه دیوار برشی فولادی) مقید شده است. بار جانبی به تیر وارد می شود. دیوار برشی فولادی تقویت شده به وسیله سخت کننده ها در سه مدل مختلف از نظر ابعادی و هر یک از مدل ها نیز در پنج آرایش مختلف از سخت کننده ها مورد بررسی قرار گرفته و حداکثر نیرویی که دیوار برشی می تواند تحمل کند بدست آمده است، در مدل های (B_1, C_1, D_1, E_1, F_1) دهنه یا طول پانل دیوار ۵ متر و ارتفاع پانل ۳ متر ($b=5\text{ m}$ و $d=3\text{ m}$)، در مدل های (B_2, C_2, D_2, E_2, F_2) طول پانل ۴ متر و ارتفاع پانل ۴ متر ($b=4\text{ m}$ و $d=4\text{ m}$) و در مدل های (B_3, C_3, D_3, E_3, F_3) طول پانل ۳ متر و ارتفاع پانل ۵ متر ($b=3\text{ m}$ و $d=5\text{ m}$) می باشد.

در گروه ۱، مدل های G, H و I به ترتیب با ابعاد تقویت 5*0.8 سانتیمتر، 7.5*8.0 سانتیمتر و 10*1 سانتیمتر و با ضخامت پانل های ۷ میلیمتر ایجاد گردیدند. در همین گروه، مدل های J و K با سخت کننده های 7.5*0.8 سانتیمتر ولی با پانل هایی با ضخامت های به ترتیب ۶/۵ و ۶ میلیمتر مورد بررسی قرار گرفتند.

در گروه ۲، مدل های L و M به ترتیب با سخت کننده های با ابعاد 5*1 سانتیمتر و 7.5*1 سانتیمتر ایجاد و تحلیل گردیدند.

در گروه ۳، مدل های N و O به ترتیب با سخت کننده های با










جدول ۲ - دیوارهای برشی فولادی با سخت کننده

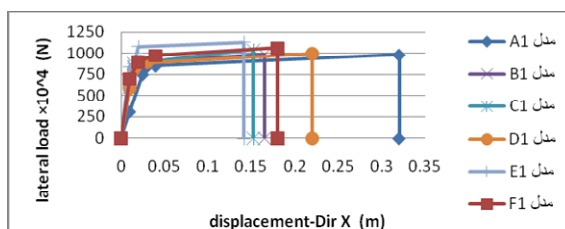
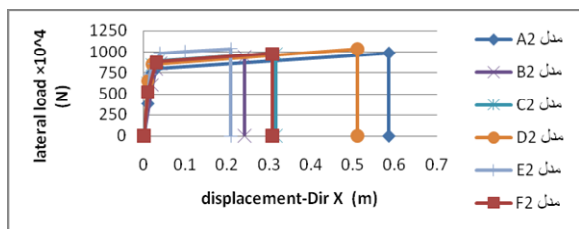
Group 1		Group 2		Group 3	
نام مدل	شکل ظاهری	نام مدل	شکل ظاهری	نام مدل	شکل ظاهری
B ₁		B ₂		B ₃	
C ₁		C ₂		C ₃	
D ₁		D ₂		D ₃	
E ₁		E ₂		E ₃	
F ₁		F ₂		F ₃	

برشی فولادی، نمودارهای تنش فون میسس - بار جانبی دیوارهای هر سه گروه در شکل ۲ آورده شده اند. همچنین از جدول ۴ مشاهده می شود که دیوارهای برشی کوتاه بیشترین ظرفیت باربری را داشته و دیوارهای بلند کمترین باربری را دارا می باشند.

همان طور که در شکل ۱ و جدول ۴ ملاحظه می شود، وجود سخت کننده باعث افزایش باربری جانبی دیوار برشی با سخت کننده نسبت به حالت بدون سخت کننده می شود. از جدول ۵ نیز مشاهده می گردد که در مجموع دیوارهای برش کوتاه دارای کمترین تغییر شکل و دیوارهای برشی بلند دارای بیشترین تغییر مکان می باشد. برای درک بیشتر رفتار دیوارهای

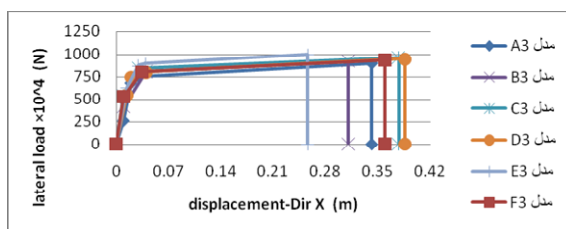
جدول ۳- دیوارهای برشی با تقویت بهینه

گروه ۳		گروه ۲		گروه ۱	
شکلی ظاهری مدل	نام مدل	شکلی ظاهری مدل	نام مدل	شکلی ظاهری مدل	نام مدل
	N		L		G
	O		M		H
					I
					J
					K



ب - نمودار بار جانبی - جابجایی دیوارهای گروه ۲

الف - نمودار بار جانبی - جابجایی دیوارهای برشی گروه ۱



ج - نمودار بار جانبی - جابجایی دیوارهای گروه ۳

شکل ۱- نمودارهای بار جانبی-جابجایی دیوارهای برشی

همان طور که در شکل ۲ مشاهده می شود سخت کننده باعث می شود که جاری شدن و تسلیم پانل دیوار در بار جانبی بیشتری، انجام شود. همینطور مشاهده می شود که افزودن سخت کننده باعث میشود که پانل تحت بار جانبی بزرگتری وارد ناحیه سخت شدگی می گردد. در عین مفید بودن امر فوق، باید متذکر شد که فاصله نقطه تسلیم و سخت شدگی کمتر شده و در نتیجه شکل پذیری و قدرت جذب انرژی پانل ها با افزودن سخت کننده کاهش پیدا می کند.

برای درک بهتر مطلب فوق، سختی نسبی دیوارهای برشی با محاسبه نسبت ظرفیت باربری جانبی به تغییر مکان نسبی دیوارها که در اینجا سختی نسبی نامیده شده اند، محاسبه گردیده و نتایج آنها در جدول ۶ برای مقایسه آورده شده اند. نتایج این جدول نشان می دهند که با کاهش نسبت طول به ارتفاع دیوار، سختی دیوار برشی کاهش می یابد. و افزودن تقویت به دیوار برشی سختی جانبی آنرا افزایش می دهد. لیکن مقدار این افزایش به شدت به نسبت طول به ارتفاع دیوار های برشی حساس بوده و بیشترین افزایش سختی را در حالت دیوارهای برشی کوتاه و کمترین افزایش در دیوارهای بلند ایجاد می شود.

جدول ۶- سختی نسبی $K_T = \frac{F_W}{\delta}$ دیوارهای برشی، تن بر سانتیمتر

مدل	گروه ۱	گروه ۲	گروه ۳
A	۳۰/۶	۱۶/۸	۲۶/۴
B	۶۱/۹	۴۰/۸	۳۰/۰
C	۶۹/۳	۳۱/۷	۲۶/۱
D	۴۵/۴	۲۰/۳	۲۵/۱
E	۸۰/۵	۵۱/۷	۳۹/۹
F	۵۹/۱	۲/۳۳	۲۵/۹
ضخامت ورق فولادی	$t_p=7mm$	$t_p=8mm$	$t_p=8mm$

با توجه به رفتار پانل های مختلف مورد بررسی، مدل بهینه انتخاب می شود. منظور از مدل بهینه مدلی است که بیشترین مقدار بار جانبی بر وزن (مجموع فولاد بکار رفته در ورق فولادی و سخت کننده) را داشته باشد. نتایج این محاسبات برای گروه های سه گانه دیوارهای برشی در شکل ۳ آورده شده اند.

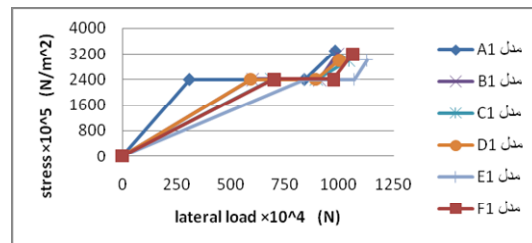
از بررسی نمودارهای شکل ۳ می توان به این نتیجه رسید که مدل بدون سخت کننده در هر سه شکل بهینه ترین حالت می باشد. چون در مقایسه با سایر مدل ها بیشترین نسبت بار جانبی بر وزن (مجموع فولاد بکار رفته در ورق فولادی و سخت کننده ها) را دارا می باشد. در بین مدل های با سخت کننده در گروه ۱،

جدول ۴- ظرفیت بار جانبی، F_W دیوار برشی بر حسب تن

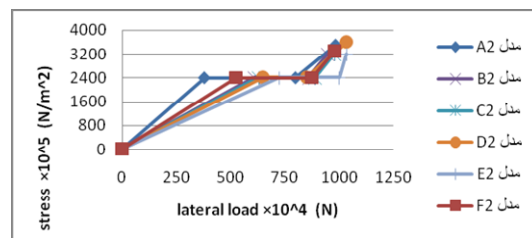
مدل	گروه ۱	گروه ۲	گروه ۳
A	۹۸۰	۹۷۵	۸۹۸
B	۹۹۰	۹۸۰	۹۳۰
C	۱۰۴۰	۹۸۲	۹۶۴
D	۹۹۹	۱۰۳۶	۹۵۲
E	۱۱۲۷	۱۰۳۳	۹۹۸
F	۱۰۶۳	۹۹۵	۹۳۴
ضخامت ورق فولادی	$t_p=7mm$	$t_p=8mm$	$t_p=8mm$

جدول ۵- تغییر مکان نهایی بر حسب سانتیمتر δ

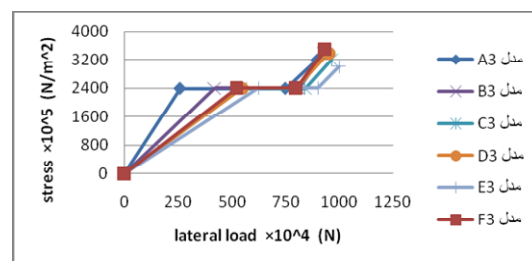
مدل	گروه ۱	گروه ۲	گروه ۳
A	۳۲	۵۸	۳۴
B	۱۶	۲۴	۳۱
C	۱۵	۳۱	۳۷
D	۲۲	۵۱	۳۸
E	۱۴	۲۰	۲۵
F	۱۸	۳۰	۳۶
ضخامت ورق فولادی	$t_p=7mm$	$t_p=8mm$	$t_p=8mm$



الف - نمودار تنش میس - بار جانبی دیوارهای گروه ۱

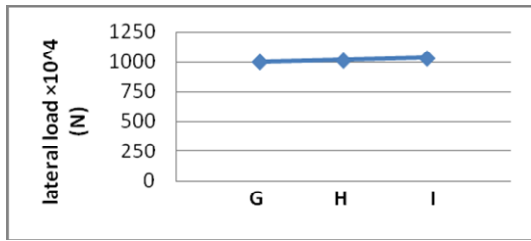


ب - نمودار تنش میس - بار جانبی دیوارهای گروه ۲

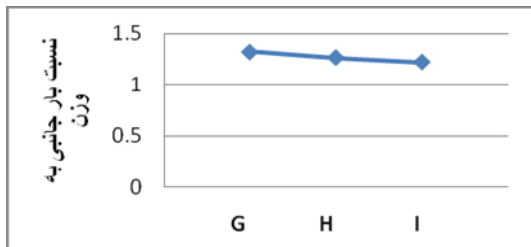


ج - نمودار تنش میس - بار جانبی دیوارهای گروه ۳

شکل ۲- نمودارهای تنش میس - بار جانبی دیوارهای برشی فولادی

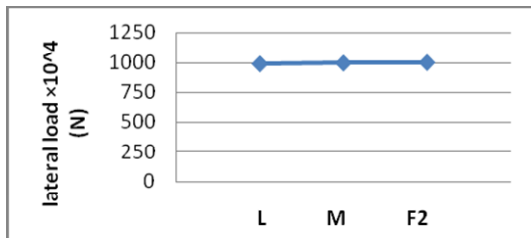


الف (نمودار تغییرات ظرفیت بار جانبی)

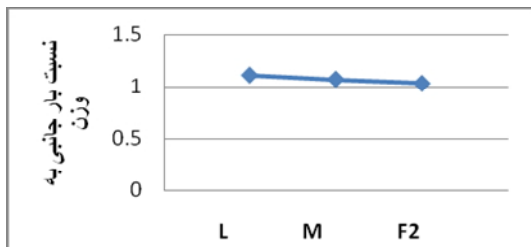


ب (نسبت بار جانبی به وزن)

شکل ۴- نمودار تغییرات ظرفیت بار جانبی (الف) و نسبت بار جانبی به وزن (ب) در مدل های (G و H و I)



الف (تغییرات ظرفیت بار جانبی)

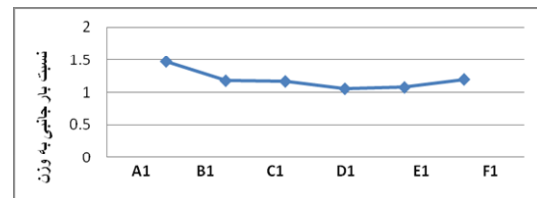


ب (نسبت بار جانبی به وزن)

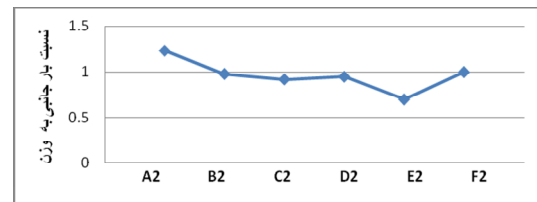
شکل ۵- نمودار تغییرات ظرفیت بار جانبی (الف) و نسبت بار جانبی به وزن (ب) در مدل های (L و M و F2)

بیشترین مقدار بار جانبی بر وزن را مدل F_1 و در بین مدل های با سخت کننده در گروه ۲، بیشترین مقدار بار جانبی بر وزن را مدل F_2 دارند. ولی در بین مدل های با سخت کننده در گروه ۳، بیشترین مقدار بار جانبی بر وزن را مدل D_3 دارد.

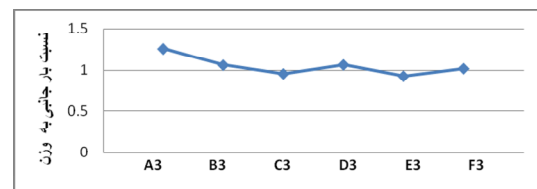
پس از اینکه اثر سخت کننده ها در تغییر شکل ها و ظرفیت بار بری پانل های دیوار برشی، انواع دیوار با سخت کننده های مختلف مورد بررسی و از بین آنها بهینه ترین آرایش سخت کننده ها (مدل F_1) و (مدل F_2) و (مدل D_3) بدست آمد. در ادامه نمونه انتخابی (F_1) با انواع ابعاد مختلف سخت کننده (G ، H ، I) و نمونه انتخابی (F_2) با انواع ابعاد مختلف سخت کننده (L و M) و نمونه انتخابی (D_3) با انواع ابعاد مختلف سخت کننده (O و N) بررسی گردید.



الف - نسبت بار جانبی به وزن دیوارهای برشی گروه ۱

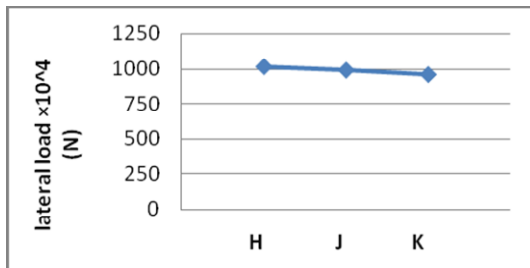


ب - نسبت بار جانبی به وزن پانلهای دیوارهای برشی گروه ۲

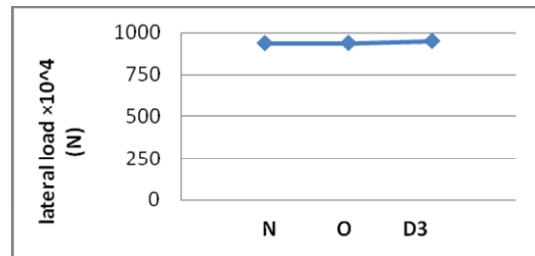


ج - نسبت بار جانبی به وزن دیوارهای برشی گروه ۳

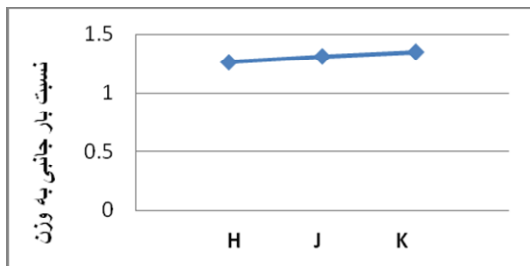
شکل ۳- نسبت های بار جانبی به وزن دیوارهای برشی



الف تغییرات ظرفیت بار جانبی

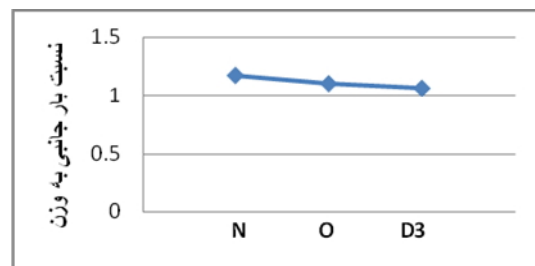


الف تغییرات ظرفیت بار جانبی



ب (نسبت بار جانبی به وزن دیوارها)

شکل ۷- نمودار تغییرات ظرفیت بار جانبی (الف) و نسبت بار جانبی به وزن دیوارها (ب) در مدل های H و J و K



ب (نسبت بار جانبی به وزن)

شکل ۶- نمودار تغییرات ظرفیت بار جانبی (الف) و نسبت بار جانبی به وزن (ب) در مدل های N و O و D3

۲- دیوارهای برشی کوتاه ($b > d$) دارای ظرفیت بار جانبی بیشتری نسبت به دیوارهای برشی بلند ($b < d$) می باشند. همچنین سختی دیوارهای برشی کوتاه به مراتب از سختی دیوارهای بلند بیشتر است.

۳- افزودن سخت کننده باعث افزایش بار بهره برداری و کاهش شکل پذیری در پانل می شود. از طرف دیگر سخت کننده باعث کاهش تغییر مکان جانبی دیوار برشی می شود

۴- در بین انواع مدل های دیوارهای گروه ۱ تقویت شده، دیوار برشی F_1 و بین انواع مدل های دیوارهای برشی تقویت شده گروه ۲، دیوار F_2 بهینه ترین می باشد. ولی بین انواع مدل های با سخت کننده گروه ۳، دیوار برشی D_3 بهینه ترین حالت است.

۵- در بین انواع مدل های دیوار برشی تقویت شده گروه ۱، مدل E_1 و بین انواع مدل های تقویت شده گروه ۲، دیوار برشی E_2 و بین انواع مدل های تقویت شده گروه ۳، دیوار E_3 توانسته اند بیشترین بار جانبی را تحمل کنند.

۶- کاهش ضخامت ورق فولادی در مدل های گروه ۱، باعث شد که بار جانبی بصورت خطی کاهش یابد.

۷- کاهش ضخامت ورق فولادی در پانل باعث شد که حالت بهینه بودن بصورت خطی افزایش یابد.

از شکل های ۴ و ۵ و ۶ می توان نتیجه گرفت که افزایش ارتفاع سخت کننده تاثیر محسوس بر ظرفیت بار جانبی دیوارها ندارد. و نسبت بار جانبی بر وزن دیوارها با افزایش ابعاد سخت کننده کاهش می یابد.

پس از بررسی اثر انواع سخت کننده بر روی رفتار دیوارهای برشی، مدل بهینه گروه ۱ (F_1) با ضخامت های مختلف ورق فولادی (مدل های H، J، K) بررسی شده و روند تغییرات ظرفیت بار جانبی و وزن فولاد مصرفی با هم مقایسه گردیدند.

از شکل ۷- الف می توان نتیجه گرفت با کاهش ضخامت ورق پانل، ظرفیت بار جانبی دیوار به صورت خطی کاهش مییابد. و شکل ۷- ب نیز نشان می دهد که نسبت بار جانبی به وزن دیوار، با کاهش ضخامت ورق پانل بصورت خطی افزایش می یابد.

۴- نتیجه گیری

در محدوده تحلیل های انجام گرفته در این تحقیق، نتایج زیر قابل استفاده می باشند:

۱- دیوار برشی بدون سخت کننده بهینه ترین حالت می باشد. بطوریکه این حالت دارای بیشترین نسبت ظرفیت بار جانبی بر وزن (فولاد مصرفی) را در بین مدل های بررسی شده اعم از با سخت کننده و بدون آن داشته است.

۵- مراجع

1- Astaneh-Asl, A., "Seismic Behavior and Design of Steel Shear Walls", Structural Steel Educational Council, July (2001).

2- Wagner, H, and Ballerstedt, W, "Tension Fields in Originally Curved, Thin Sheets During Shearing Stresses" National Advisory Committee For Aeronautics, Washington, August (1935).

3- Thorburn, L, J, Kulak, G. L., and Montgomery, C. J., "Analysis of Steel Plate Shear Walls", Structural Engineering, University of Alberta, (1983).

4-Driver, R.G., Kulak, G.L., Laurie Kennedy, D. J. and Elwi, A.E" Cyclic Tests of Four – Story Steel Plat Shear Wall " Journal of Structural Engineering, Vol. 124, No. 2, February. (1998), pp.112-130.

۵- صبوری قمی، س (۱۳۸۰) "سیستم های مقاوم در برابر بارهای جانبی مقدمه ای بر دیوارهای برشی فولادی"، نشر انگیزه، تهران، پائیز ۱۳۸۰.

Investigation of the Optimum Steel Shear Walls

A. Sadeghi

Department of Civil Engineering, Khoy Branch, Islamic Azad University, Khoy, Iran

R. Bagher Maleki

Department of Civil Engineering, Maragheh Branch, Islamic Azad University, Maragheh, Iran

Abstract

During the last few decades, steel shear walls have been adopted as efficient lateral resisting systems for high rise structures and numerous researches have been conducted on their static and dynamic behavior. Steel shear walls have been utilized for retrofitting existing structures, as well as in design of new buildings in Japan and USA. In this research, we have focused on the optimization of steel shear walls. Optimization in this research is to increase the proportion of lateral resistance to the weight of steel shear wall panels.

For this purpose, three groups of steel shear walls (SSW) with length to height ratios of 5:3, 4:4 and 3:5 were selected. In each group, there was one un-stiffened panel and 5 stiffened walls. The patterns of stiffeners were different for 5 walls. All the SSWs were analyzed by pushover method using the ANSYS code.

The analyses show that SSW without stiffener has the highest lateral resistance to weight ratio. Although adding stiffeners increase the lateral strength of the shear walls but decrease the lateral resistance to weight ratio. In this research optimum pattern of stiffeners is discussed and compared to other SSWs.

Keywords:

steel shear walls, lateral resistance, optimization, pushover method.